

短期来看，虽然元宇宙刚起步，对元宇宙的建设与投资刚进入探索期，但我们判断这一趋势是不可逆的且正在加速；中长期来看，人类的娱乐、生活、工作将持续数字化并将加速走向智能化，终极的元宇宙形态将最大限度地连接虚拟世界与现实世界，或将成为人类未来的主流生活方式。元宇宙目前承载的最大希冀，是继移动互联网，以聚合创新的方式去改变人类的方方面面。元宇宙由混沌期走向分歧期、再走向景气上行的高速发展期，我们预判这一进程将带来至少十年的相关产业繁荣期，从中衍生出巨大的投资机会。

构建元宇宙是一项庞大的系统性工程，需跨行业的技术融合、各行各业的共同参与。以从外向内的视角（需求端的视角），以感知及显示层、网络层、平台层、应用层去梳理产业链；本书则是以从内向外的视角，以及如何去实现元宇宙的视角（供给端的视角），按照价值传导机制，以人们寻求的感官体验为终点，来倒推能够实现感官体验的诸多科技，进而分拆出元宇宙投资版图。首先，是提供元宇宙体验的硬件（XR设备等）及操作系统；其次，是基础设施建设及底层技术的边际改善（5G、算力与算法、区块链、人工智能等）；再次，我们将人工智能单列为一个版图（关键生产要素），以凸显其重要性；最后，落脚到内容与场景；过程中伴随大量的技术与服务协同方，以繁荣整个生态。

构建的六大投资版图，包括硬件及操作系统、后端基建、底层架构、人工智能（核心生产要素）、内容与场景、协同方，并以这六个维度去梳理元宇宙庞大的产业链，进而得到六大版图内的投资图谱。

一、硬件与操作系统：彻底重构

从PC（个人计算机）互联网到移动互联网，再到万物互联的物联网，甚至是元宇宙，终端硬件不断迭代及丰富化。PC互联网时代的主要终端是个人计算机，移动互联网时代的终端则主要是智能手机、平板等便携式移动设备，物联网时代的终端预计更加多样化，如智能音响、电视/PC/智慧屏、智能车载，以及以XR（扩展现实，VR、AR、MR等多种技术的统称）为代表的可穿戴设备等新硬件。

元宇宙的沉浸式特性对硬件的要求极高，硬件必须重构。目前来看，元宇宙最适配的第一入口级硬件非XR莫属，它也有望成为未来最为主流的硬件入口，元宇宙时代XR的重要性可类比4G时代的智能手机。但长期来看，元宇宙的硬件入口预计会非常多样化，除XR之外，也有智能耳机、脑机接口、隐形眼镜、外骨骼等，所有这些硬件的共性是能增强用户的沉浸感。

我们很容易忽略但极可能独立发展的一个感官硬件是智能耳机[1]。人类对外部信息的获取源中，视觉占比超过80%，而作为第二感官的听觉总是被忽视，视觉所获得的一般是直接信息，但人类某些细腻的情感，也会通过听觉传递，如轻柔的音乐。

故从元宇宙必需的音频输入，到去噪获得沉浸式体验等刚性需求来看，耳机是未来智能穿戴设备中不可或缺的组件。头显或眼镜包含了从视觉输入到眼前显示、身前身后捕捉等主要功能，但耳机有天然优势——可以涵盖更大扫描面积的身侧检测。故耳机很可能在头显或眼镜体系之外，独立发展为另一种智能化硬件，甚至有望构建独立的计算中心。

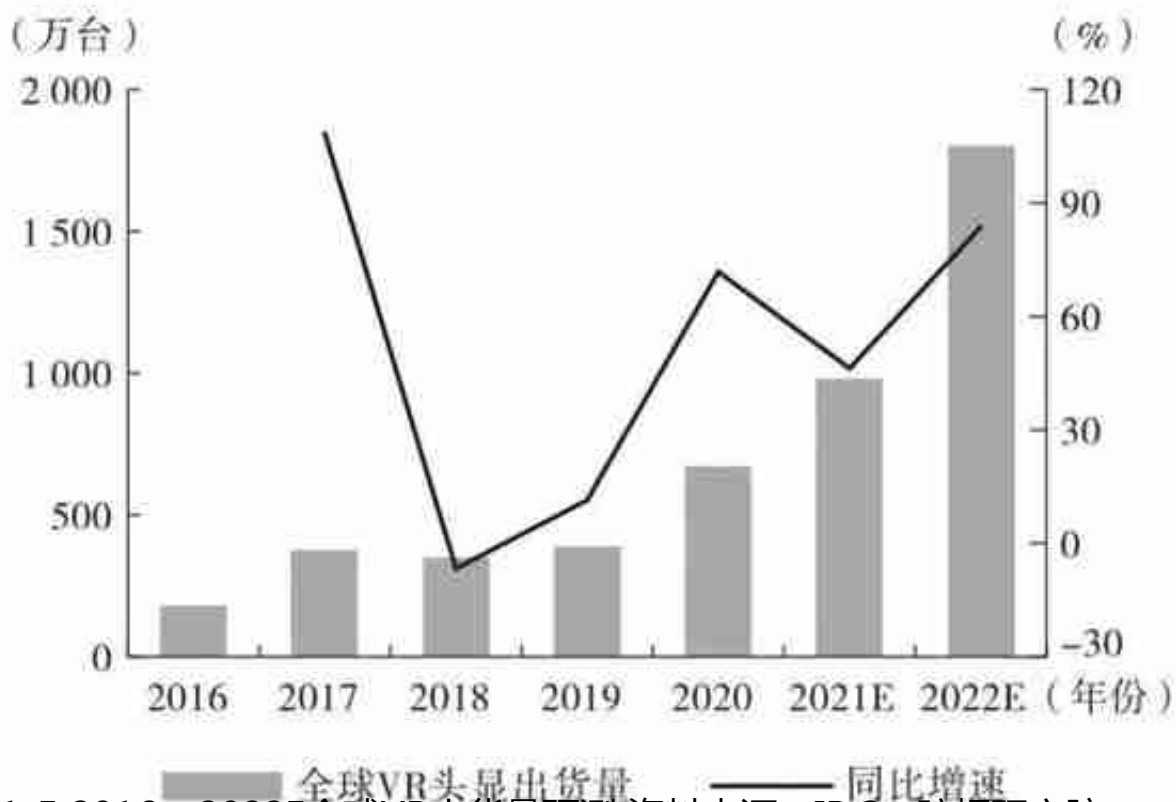


图1-5 2016—2022E全球VR出货量预测 资料来源：IDC，陀螺研究院



图1-7 元宇宙六大投资版图之硬件
(文中提到的公司，仅为学术探讨所用，不构成任何推荐)

- 芯片：Qualcomm、AMD、Nvidia、台积电、全志科技、瑞芯微、上海贝岭。
- 显示：京东方、TCL科技、深天马A、鸿利智汇、维信诺。
- 光学：舜宇光学、韦尔股份、格科微、蓝特光学、联创电子、水晶光电等。
- 模组：LG、歌尔股份、长盈精密、利亚德等。
- 其他：瑞声科技、国光电器、蓝思科技、欧菲光、影创科技、亮风台、佳禾智能、万魔声学等。

5.XR配套的操作系统，也将是全新的重构

操作系统（Operation System，OS）是指控制和管理整个计算机系统的硬件和软件资源，并合理地组织和调度计算机的工作和资源的分配，以提供给用户和其他软件方便的接口和环境，它是计算系统中最基本的系统软件。

操作系统是用户与硬件之间的接口，若硬件重构，操作系统必然重构。作为用户和计算机硬件之间的接口，操作系统给我们提供了：

- 命令接口：允许用户直接使用。
- 程序接口：允许用户通过程序间接使用。
- GUI（图形用户界面）：现代操作系统中最流行的图形用户接口。

操作系统作为最接近硬件的层次，需要实现对硬件的扩展。操作系统可谓王冠上的明珠，它控制了硬件和应用软件之间的联系，也控制了智能设备的整个生态。“得操作系统者得天下”——上可支配应用，下可控制硬件，更重要的是操作系统是信息和知识的核心控制点，这是一片出世界级企业的沃土。Microsoft正是依靠对PC操作系统的垄断，成为全球市值最高的几家科技企业之一，也正是失去对操作系统的控制，错过了在智能手机方向的机遇。

XR配套的操作系统，也将是全新的重构。从目前人工智能的发展情况来看，由于人工智能的算法涉及大量的矩阵计算和并行数值计算，下一代的计算已经显示出从串行迁移到并行计算的趋势。过去的计算以CPU为代表，主要为串行指令而优化，未来的计算可能以GPU为代表，为大规模的并行运算而优化。软件决定硬件的规律在历史上反复出现。如果大规模的并行计算成为主流，那支配这些计算的机器学习框架则可能发展成为下一个计算的“操作系统”。一个好的机器学习框架，背后是一套完整的开发者工具和一个庞大的开发者社区，上层直接和应用层或者其他中间层交互，下面则是与计算设备交互。[3]《纽约时报》认为，“（对人工智能从业者来说）利害攸关的不是零碎的创新，而是对一种（很可能是）全新的计算平台的控制力”（“What is at stake is not just one more piecemeal innovation but control over what verywell could represent an entirely new computational platform”）。

二、后端基建：重现基建狂魔？

构建元宇宙以“硬技术”为基础，除最前端的视觉交互外，5G通信、大数据、人工智能乃至芯片、半导体都是元宇宙发展的底层支撑，是各技术的融合创新。在这一

部分，我们将梳理元宇宙所必需的后端基建，包括5G通信网络、算力与算法等。

1.通信网络：5G是元宇宙的通信保障

通信网络的作用，类似人体的血管或一个城市的交通网络，纵观通信发展史，通信网络（传输速率）的提升一直是主旋律，而元宇宙对网络带宽提出了更高的要求。

2019年，国内5G商用牌照正式发放，正式开启了5G时代。5G是第五代通信标准，也称第五代移动通信技术。从技术的角度看，5G是对现有移动通信系统的全面革新，是人工智能、云计算等新技术在未来大展拳脚的基础，将为元宇宙提供高速、低延时的数据传输通道。

·5G承载高带宽：互联网是一个数据矿场，数据之于信息时代，如同石油之于工业时代。与今天的网络相比，元宇宙将会产生更多的数据、更多的反馈。元宇宙中被虚拟化的不仅是人，还有物；一方面是关于用户点击位置和选择分享内容的数据，另一方面是关于用户选择去哪里、如何站立，甚至是眼睛看向哪里的数据。我们想要在一个大型、实时、共享、持久的虚拟环境中交互，需要发送和接收大量的数据，其产生的数据，或许是现在的几个数量级。当前的4G网络无法处理大规模的数据负载，5G网络使传输元宇宙的高清图像、视频、海量数据成为可能。

·5G实现低延迟：网络延迟是指数据从一个节点传递到另一个节点所需的时间。当下的4G网络足以支撑我们日常的图文乃至视频通信，比如发送聊天消息和回复，几十毫秒甚至几秒的网络延迟并不影响。即便是视频通话，对延迟的容忍度也很高。但在一些特定的环境中，尤其是需要实时响应的操作，网络延迟的影响就会显现出来，如在多人对战游戏中，游戏中的操作反馈以及任何信息沟通都要尽可能地做到低延迟，否则就会严重影响体验。对游戏来说，延时超过100毫秒，用户的操作迟滞感会非常强，而5G可将用户和边缘节点的往返时延低至10毫秒以内。元宇宙中的其他应用场景，对低延迟也提出了非常高的要求，如在远程医疗中控制手术刀的移动距离，延迟越低手术刀移动的误差越小。

关于5G，我们可以大胆地畅想，它将孕育出超乎多数人想象的新场景和新应用。2019年6月北京邮电大学学生关于“5G有什么用？”的视频成为网络热点话题。视频以“站在未来，看以前的人如何预测现在”的视角，首先回顾了4G时代到来前人们对4G的展望，并对比了如今4G带来的实际变化。正如比尔·盖茨所言“人们往往低估重大技术对社会的长时间影响。”绝大部分人在当时预测不到4G能栽培出移动互联网这种参天大树，也想象不到未来生活因4G而发生深刻变化。展望“5G有什么用？”同样也有理由相信，5G会孕育出超乎多数人想象的新场景和新应用。正如何同学所言，他的期望是，五年后再看到这个视频，会发现，“速度其实是5G最无聊的应用”。

4G之于移动互联网，恰如5G之于元宇宙。通信行业基本每十年就会迎来一次变革。2010年，4G技术开始成熟并商用，在4G数据传输能力大幅提升的驱动下，智能手机全面普及，消费互联网蓬勃兴起，而5G时代更高的带宽、低时延的通信以及大容量的连接，较4G网络将提供更好的基础设施。马化腾在演讲中比喻5G网络就像一把钥匙，能够解锁原来难以数字化的场景，对现实世界进行重塑。可以说，过去4G技术的红利造就了移动互联网的跨越式发展，未来5G不仅服务于互联网，更将为元宇宙等新应用带来强劲的动力。



图1-9 边缘计算成为物理世界与数字世界间的重要桥梁

资料来源：ECC，AII。

边缘计算的目标主要包括：实现物理世界与数字世界的协作、跨行业的生态协作，以及简化平台移植等。从边缘计算联盟（ECC）提出的模型架构来看，边缘计算主要由基础计算能力与相应的数据通信单元两大部分所构成。

人类的发展永远是路径依赖的，不管是5G建设的要求，还是基于5G建设起来的元宇宙，都是在今天云和移动端的基础上往前走的，水到渠成迭代为智能云和边缘，特别是5G的边缘计算。5G建设与元宇宙的低时延、高可靠通信要求，使边缘计算成为必然选择，以确保用户获得流畅的体验。

有云计算的同时，为什么还需要边缘计算？我们认为主要有几点原因：

- 网络带宽与计算吞吐量均成为云计算的性能瓶颈：云中心具有强大的处理性能，能够处理海量的数据。但如何将海量的数据快速传送到云中心则成为业内的一个难题。网络带宽和计算吞吐量均是云计算架构的性能瓶颈，用户体验往往与响应时间成反比。5G时代对数据的实时性提出了更高的要求，部分计算能力必须本地化。
- 物联网时代数据量激增，对数据安全提出更高的要求：不远的将来，绝大部分的电子设备都可以实现网络接入，这些电子设备会产生海量的数据。传统的云计算架构

无法及时有效地处理这些海量数据，若将计算置于边缘结点则会极大缩短响应时间、减轻网络负载。此外，部分数据并不适合上云，留在终端则可以确保私密性与安全性。

·终端设备产生海量“小数据”，需要实时处理：尽管终端设备大部分时间都在扮演着数据消费者的角色，但如今以智能手机和安防摄像头为例，终端设备也有了生产数据的能力，其角色发生了重大改变。终端设备产生海量“小数据”需要实时处理，云计算并不适用。

需要注意的是，边缘计算是云计算的协同和补充，而非替代关系。边缘计算与云计算各有所长，云计算擅长全局性、非实时、长周期的大数据处理与分析，能够在长周期维护、业务决策支撑等领域发挥优势；而边缘计算更适用局部性、实时、短周期数据的处理与分析，能更好地支撑本地业务的实时智能化决策与执行。因此，边缘计算与云计算之间并非替代关系，而是互补协同的关系。边缘计算与云计算需要通过紧密协同才能更好地满足各种需求场景的匹配，从而放大边缘计算和云计算的应用价值。边缘计算既靠近执行单元，更是云端所需高价值数据的采集和初步处理单元，可以更好地支撑云端应用。反之，云计算通过大数据分析优化输出的业务规则或模型，可以下发到边缘侧，边缘计算基于新的业务规则或模型来运行。

云计算与边缘计算领域的服务商比较多，国外以Amazon、Google、IBM、Microsoft等为代表，国内以阿里巴巴云、腾讯云、百度云、华为云等为代表。这些公司在云计算领域内积累了庞大用户群，并拥有最为先进的数据处理能力（详见图1-10）。

（文中提到的公司，仅为学术探讨所用，不构成任何推荐）



图1-11 元宇宙六大投资版图之底层架构

(文中提到的公司, 仅为学术探讨所用, 不构成任何推荐)

四、核心生产要素：人工智能

在正常分析框架中, 人工智能 (AI) 属于底层技术之一, 也大量存在于后端基建中, 但在这一部分, 我们将人工智能单独拿出来进行分析。因在元宇宙的建设过程中, 人工智能大概率也是核心生产要素, 人工智能有两个发展层面: 第一层面是在过去六十年, 人工智能大多停留在感知向认识升级的过程中, 持续探索并运用; 第二层面是现阶段及未来, 在从感知升级到认知的基础上, 人工智能逐渐替代或辅助人去发挥建设性的作用, 即又增加了核心生产要素这一属性。

1. 过去六十年, 人工智能从“感知”到“认知”演变

一般来说, 人工智能三大核心要素为数据、算法和算力, 数据是人工智能发展的基石和基础, 算法是人工智能发展的重要引擎和推动力, 算力则是实现人工智能技术的一个重要保障。

人工智能的技术能力又分为两类: 感知技术与认知技术。其中感知技术是人工智能的初级运用, 主要是指机器在视觉、语音等层面进行数据的采集和学习; 认知技术则是建立在数据分析的基础上, 增加进一步的智慧决策。

从1956年美国达特茅斯会议首次提出“人工智能”的概念, 到2016年AlphaGo的出现, 过去六十年, 人工智能一直在从感知向认知层面升级, 并进行探索与运用, 如视觉识别、自然语言处理。

·视觉识别: 是使用计算机模仿人类视觉系统的科学, 让计算机拥有类似人类提取、处理、理解和分析图像以及图像序列的能力。比如自动驾驶就是一个非常典型的应用场景, 非常依赖计算视觉能力; 此外也包括人脸识别、智能手机解锁、城市安防、社保民政 (人脸认证登录) 等; 视觉识别在线下零售方面也有较为成熟的应用, 如Amazon的Amazon Go智能无人零售商店。

·自然语言处理: 是人工智能技术应用的一大分支, 其崛起于文字内容的互联网时代, 运用最多就是分类聚类。如在文本内容生产方面, 如何做到热点选题? 如何给内容自动分类与打标签? 在文本内容消费方面, 应用最广的是精准搜索、关联推荐, 如Google和百度的精准搜索、关联广告, 淘宝和京东的商品关联推荐、千人千面的商品展示。

对于人类来说, 感知和认知往往是瞬间发生的, 甚至意识不到其间的差别。人的认

知水平在很大程度上是优于机器的，过去人们认为“计算机不如人类”，本质是机器的认知能力差，或计算机拥有的知识储备不足，从感知到认知的升级，是过去六十年来人工智能重要的研究方向。2016年Google发布的AlphaGo在与李世石的“世纪之战”中，人工智能机器人战胜了人类，意味着人工智能从感知向认知的成功升级，人工智能的发展进入了新纪元。

在升级的过程中，传统方法和现在深度学习的方法，在数据运用方面是有差异的，也可以说是算法在不断优化，即从机器学习进入到深度学习。过去传统的方法是通过人类来对大数据的特征进行提炼，形成“对机器可训练”这种特别的数据，即停留在机器学习的“感知”层面；现在的深度学习更多的是仿照人脑神经网络的特性，自发地形成一种学习能力，建立起对物理世界关联概念的认识，即向“认知”层面进行升级。

2.为什么人工智能是元宇宙时代的核心生产要素？

为了充分认识元宇宙对人类物质生活的深刻影响，需关注技术进步对生产结构、社会结构的重新塑造，元宇宙时代的基础设施、生产要素和协作结构被重新定义了。

根据马克思政治经济学，传统现实社会中的生产要素分别为劳动者、劳动资料、劳动对象。其中劳动者指的是人，劳动者是具有一定生产经验、劳动技能和知识，能够运用一定劳动资料作用于劳动对象，是非常重要的生产要素。

按照以上的定义，现今互联网时代的社会生产力要素正在发生变化，即生产力的主体发生了变化。从AlphaGo开始，人工智能深度学习的能力明显加强，在某种程度上去学习最接近人脑认知的一般表达，去获得类似于人脑的多模感知与认知能力。由于认知能力的提升，人工智能可以主动了解事物发展背后的规律和因果关系，而不再只是简单的统计拟合，从而推动了下一代具有自主意识的人工智能系统。

当人工智能完成了从感知向认知的充分进化，人工智能无疑会越来越“聪明”，可以模拟人的思维或学习机制，变得越来越像人。我们不妨大胆想象一下，在未来元宇宙的建设中，人预计不是最重要的生产要素，从供给和需求两个维度，人工智能可以代替人去发挥一些关键生产要素的作用。这就意味着，一方面，人工智能将在元宇宙中发挥建设性的作用——随着元宇宙中越来越多的数据产生，不可能单靠人力去处理这些海量的数据，具备越来越强的自主学习与决策功能的人工智能辅以人工去微调，可大幅降低构建元宇宙的周期和人力成本；另一方面，人工智能将深度介入人们社会生活，满足人们的众多消费需求，如AIGC（人工智能生成内容），相比现在互联网中人们熟知的PGC/UGC[6]，未来元宇宙中AIGC会越来越多，即用人工智能来生成可供人类消费的内容或服务。

正如Nvidia CEO黄仁勋所说，元宇宙的时代马上要来了，未来世界将会是人类化身和人工智能，住在真实的物理世界或是非物理世界之中。2017上映的科幻电影《银翼杀手2049》也展现了未来社会的“人类”构成：生物人、电子人、数字人、虚拟人、信息人，以及他们繁衍的拥有不同的性格、技能、知识、经验等天赋的后代。

人工智能作为全球顶尖科技之一，在全球由中美两国主导研究，TensorFlow、PyTorch以及国内的飞桨PaddlePaddle是被最广泛使用的三大人工智能开源平台，其中TensorFlow、PyTorch分别为国外Google、Facebook旗下的平台，而百度旗下的飞桨PaddlePaddle则是市场三强中唯一国内品牌。我们将人工智能划分了三大细分应用方向，并梳理了各方向上的公司（详见图1-12）。

- 视觉识别：商汤科技、旷视科技、云从科技。
- 自然语言处理：依图科技、搜狗、思必驰、云知声。
- 智能交互：科大讯飞、百度、小米等。

（文中提到的公司，仅为学术探讨所用，不构成任何推荐）

Roblox	Epic Games	Steam
支持同一空间的虚拟世界体验（一般线下社交的线上化平移，如对话聊天等）	(1) Store 平台内部不支持与陌生人聊天，社区功能弱； (2)《堡垒之夜》社区属性强，支持用户多样化互动，包括共同参加虚拟演唱会、舞蹈、聊天等	平台内社区氛围好，社交属性强，支持用户评论、建立兴趣群组、交易等，设有各游戏分论坛供新闻、评测、自定义修改等UGC内容产出

资料来源：Roblox招股说明书

4. “to C” 端的泛娱乐之外，元宇宙还将包含更广泛的 “to B” 端的应用场景

我们的观点和市场认知不一样的地方是在于，我们明确提出了元宇宙的定义，即元宇宙并非与现实物理世界割裂或并列的虚拟世界，而是囊括了物理世界的更大集合。基于此定义，元宇宙的应用场景除了 “to C” 端的泛娱乐消费之外，元宇宙将渗透至人们生活的各方面，如工业领域，甚至出现诸如 “企业/工业元宇宙” “城市元宇宙” 等概念。不管是 “企业/工业元宇宙”，还是 “城市元宇宙”，它们都是元宇

宙的子集。

由数字孪生、虚拟现实和混合现实构建的“企业/工业元宇宙”解决方案技术，将成为智能制造行业必备的一种新型基础设施，给企业生产在诸多方面带来便利。2021年9月，Microsoft CEO萨提亚·纳德拉在演讲中提出了“企业元宇宙”这一新概念。预计未来会有越来越多的企业进入虚拟网络空间开会、办公，甚至开展职业培训、业务训练等日常工作。

以Facebook布局Workrooms虚拟办公空间为例。除了社交，Facebook对于元宇宙的布局中，Workrooms虚拟办公空间属于其中一个重要领域。2020年，新冠肺炎疫情席卷全球，即使Zoom已经提供了一种较为高效的远程办公方式，但独自一人居家办公会产生孤独感，解决问题的效率也不如和同事们面对面沟通，故Facebook推出了Horizon Workrooms，Horizon Workrooms是Horizon社交平台中专门面向VR办公场景的应用，重新定义了“办公空间”，目前Horizon Workrooms正在免费公测中。

Horizon Workrooms提供各类办公场景和陈设，用户可以根据需求，选择不同的会议室场景及自定义的虚拟形象，在虚拟会议室场景中，用户可以佩戴VR设备Oculus Quest 2参加远程会议，并且可以在各类虚拟白板上表达自己的观点，也能将自己的办公桌、计算机和键盘等复刻到VR世界中并用它们进行正常办公。

Horizon Workrooms这样的办公协作方式在VR的加持下，其最大特性是拉近人们的距离，还原人本身的社交状态——形体、语音、动作、表情、和一群人聚集在一起讨论问题的环境，在一定程度上达到了线下开会面对面高效交流的效果。

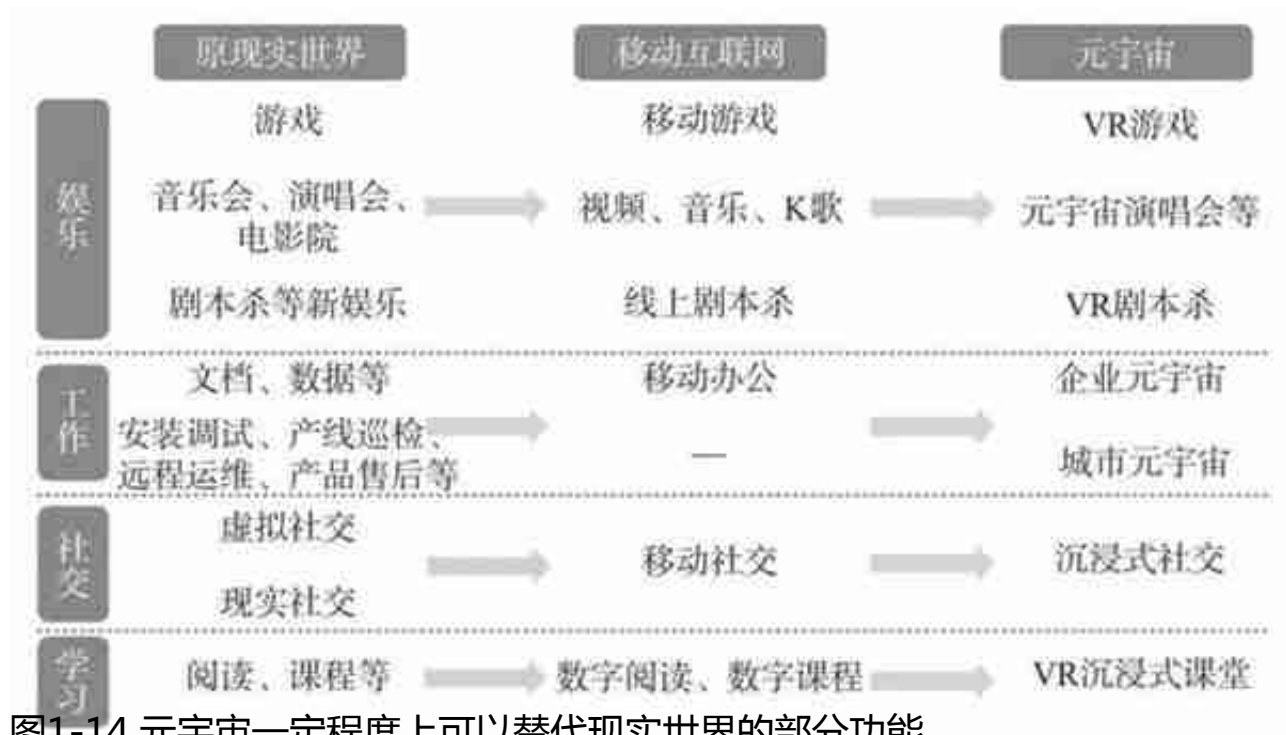


图1-14 元宇宙一定程度上可以替代现实世界的部分功能

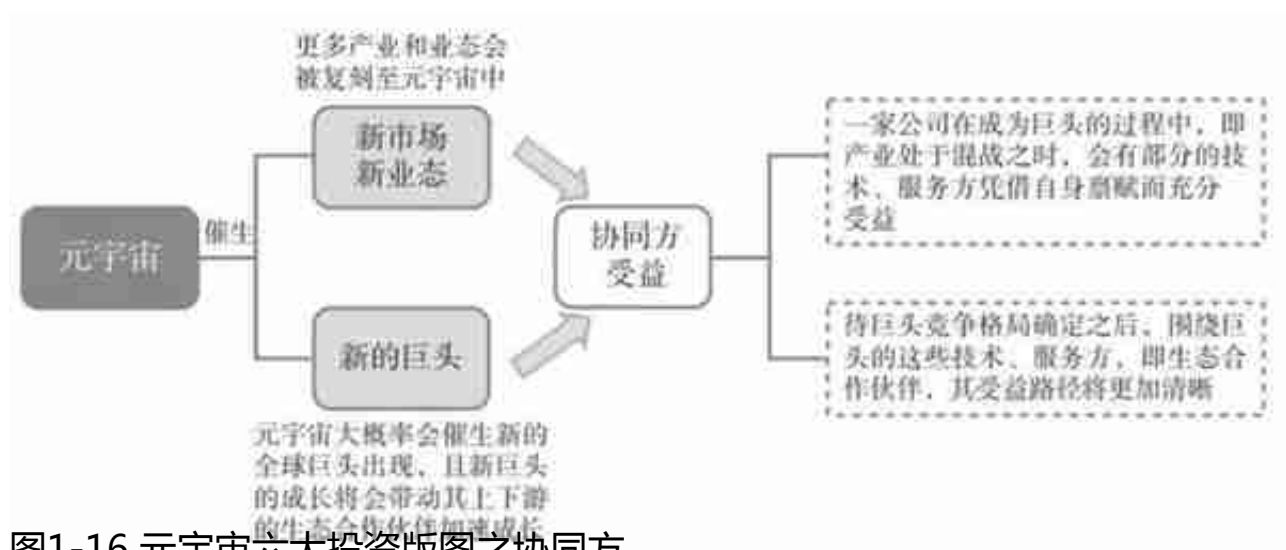


图1-16 元宇宙六大投资版图之协同方